



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

“Aplicación del Método Raise Boring para Optimizar el Proceso de  
Minado en los Tajos ORE BODY 2B U.M. Cerro Lindo S.A.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera de Minas

**AUTORAS:**

Huado Espinoza, Roxana Elizabeth (ORCID: 0000-0002-1664-4754)

Ramos Díaz, Stephany Lizeth (ORCID: 0000-0002-7803-4230)

**ASESOR:**

Dr. Martell Espinoza, Beder Erasmo (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Perforación y Voladura de Rocas

**CHICLAYO – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A mi madre Lilia Espinoza por apoyarme en todo momento; brindarme valiosos consejos y haberme formado con buenos principios para seguir adelante siempre.

A la memoria de mi padre Carlos Huado.

A mis hermanos, para que este trabajo les sirva de ejemplo y se superen en la vida académicamente.

***Roxana Elizabeth***

A mi esposo y amigo Rolando, por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Gracias por toda tu ayuda. A mis padres, Danny y William, y a mis queridas hermanas Sheila y Kimberly, por su apoyo y estímulo para poder continuar con mis estudios graduados.

***Stephany Lizeth***

## **Agradecimiento**

Nuestra gratitud a Dios por darnos la vida y estar en todo momento, bendiciéndonos con la fortuna de conocer excelentes personas y profesionales.

Gracias a Compañía Minera Cerro Lindo y Tumi Contratistas por brindarnos la información.

A la Universidad Cesar Vallejo por habernos brindado amablemente realizar los trámites para obtener el título profesional.

***Las autoras***

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas .....	viii
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	34
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2. Variables y operacionalización .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3. Población y muestra – muestreo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5. Procedimiento .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6. Método de análisis de datos.....</b>	<b>42</b>
<b>3.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>42</b>
IV. RESULTADOS.....	43
V. DISCUSIÓN .....	100
VI. CONCLUSIONES .....	104
VII RECOMENDACIONES.....	106

## Índice de tablas

Tabla 1. Largo de perforación conforme a la sección y n° de tiros. ....	10
Tabla 2. Parámetros de Perforación y voladura del método V.C.R. ....	22
Tabla 3. Concordancia entre el diámetro de varillaje y el tricono. ....	28
Tabla 4. Índices de selección. ....	30
Tabla 5. Métodos de minería subterránea según yacimiento y componentes. ....	31
Tabla 6. Tipos de perforación. ....	32
Tabla 7. Límite máximo permisible de gases tóxicos. ....	33
Tabla 8. Operacionalización de variables. ....	37
Tabla 9. Ubicación geográfica coordenadas UTM. ....	43
<i>Tabla 10. Características de la Unidad Minera Cerro Lindo. ....</i>	<i>50</i>
Tabla 11. Mapeo geomecánico según estaciones geomecánicas. ....	53
Tabla 12. Listado de taladros relogueados. ....	54
Tabla 13. Relación de Ensayos Ejecutados en Laboratorio. ....	56
Tabla 14. Resultados de propiedades físicas de los testigos. ....	57
Tabla 15. Resumen de Resultados del ensayo. ....	58
Tabla 16. Resumen de los Valores Is (50) conforme a la Litología. ....	599
Tabla 17. Resultados de los Ensayos de Compresión Triaxial. ....	60
Tabla 18. Resultados Ensayos de tracción indirecta. ....	61
Tabla 19. Factores de Conversión estimados para el Proyecto. ....	62
Tabla 20. Resistencia a la Compresión Simple de la Roca Intacta. ....	64
Tabla 21. Parámetros considerables en la clasificación del Sistema RMR ....	66
Tabla 22. Clases de Macizo Rocoso y sus Índices RMR ....	66
Tabla 23. Variabilidad de la Clasificación Geomecánica RMR en el cuerpo OB2 ....	72
Tabla 24. Parametros Geomecánicos. ....	74
Tabla 25. Equipo de perforación ....	75
Tabla 26. Equipos de sostenimiento y limpieza. ....	76
Tabla 27. Parámetros de la perforación considerados en UM Cerrlo Lindo. ....	76
Tabla 28. Explosivos y accesorios empleados para la construcción de chimeneas VCR. ....	77
Tabla 29. Accesorios según equipo de perforación a emplear ....	79
Tabla 30. Costos unitarios de construcción de chimenena VCR. ....	80
Tabla 31. Distribución de tiempos en construcción de chimenea Slot con VCR ....	81
Tabla 32. Días en construcción de chimenea Slot de 27,30 m con VCR ....	81
Tabla 33. Tuberías de Perforación. ....	88

Tabla 34. Condiciones de perforación según la calidad de la roca.....	91
Tabla 35. Costos unitarios de construcción de chimenea Raise Boring.....	92
Tabla 36. Distribución de tiempos en construcción de chimenea Slot con RB...	93
Tabla 37. Días en construcción de chimenea slot de 27.30 m, Raise Boring....	93
Tabla 38. Horas en actividades chimenea Slot de 27.30 m, Raise Boring.....	84
Tabla 39. Horas efectivas en operación.....	84
Tabla 40. Horas efectivas de actividades complementarias.....	95
Tabla 41. Tiempos muertos en Operación Contratista.....	95
Tabla 42. Tiempo muerto cliente.....	96

## Índice de figuras

Figura 1. Plataforma trepadora Alimak.....	11
Figura 2. Carril guía curvado.....	16
Figura 3. Carril guía de servicios.....	17
Figura 4. Ciclo de operaciones de plataforma Alimak.....	20
Figura 5. Diseño de la malla de perforación chimenea V.C.R. ....	23
Figura 6. Proceso Raise Boring.....	24
Figura 7. Raise Boring estándar.....	25
Figura 8. Raise Boring Reversible.....	26
Figura 9. Raise boring para huecos ciegos. ....	26
Figura 10. Mapa de ubicación del proyecto.....	43
Figura 11. Cuenca tras Arco y Subducción.....	46
Figura 12. Geología Regional de la Unidad Cerro Lindo.....	47
Figura 13. Vista Isométrica de la Geología Local ....	48
Figura 14. Secuencia de alteración Supergena ....	50
Figura 15. Vista Longitudinal del Modelo 3D ....	55
Figura 16. Estadística de la Compresión Simple en distintos dominios.....	63
Figura 17. Conducta del RQD para el Ore Body 2.....	64
Figura 18. SPP de grano grueso a medio en el Nv 1680 CX18. / SPP de grano grueso a medio, CL13-1740-07 (57.18-62.35).....	66
Figura 19 SPB de grano grueso a medio, CL13-1740-16 (47.14 -51.04)/SPB de grano medio, CL10-501-07 (170.70-174.90).....	67
Figura 20. Volcánico fracturado - Contacto caja techo volcánico – Mineral.....	67
Figura 21. Plano de estudio geomecánico RMR litología volcánico.....	68
Figura 22. Caja techo cercana – Transición volcánico – SPP.....	69
Figura 23 Plano de isovalores RMR transición volcánico-SPP U.M. Cerro Lindo.....	69
Figura 24. CL10-507 (115.08 – 117.93).....	70
Figura 25. CL10-501 (110.26 – 114.30).....	70
Figura 26 CL10-501 (118.14 – 122.30).....	70
Figura 27 Plano de isovalores de RMR en planta.....	71
Figura 28. Análisis Estadístico de los Valores de RMR para el OB2 respectivamente.....	72

Figura 29. División de bloque .....	74
Figura 30. Esquema de perforación para chimeneas VCR.....	78
Figura 31. Voladura chimeneas VCR.....	73
Figura 32. Simba <i>H-1254</i> .....	78
Figura 33 Representación del transporte a orugas.....	83
Figura 34. Estándar de cámara adjunto – plano vista en planta.....	86
Figura 35 Estándar de cámara adjunto – plano vista en planta.....	87
Figura 36. Perforación piloto – perforación rimado.....	90
Figura 37. Especificaciones de la maquina SBM 400 SR.....	91
Figura 38. Chimenea Slot 27.30 m.....	97
Figura 39. US\$ Chimenea Slot 27.30 m.....	98
Figura 40 . % Accidentabilidad Chimenea Slot 27.30 m.....	99



## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tuvo con propósito, la aplicación del método Raise Boring con el fin de optimizar el proceso de minado en los tajos ORE BODY 2B en la U.M. Cerro Lindo. Esto se dio debido a observaciones en esta empresa, deseándose optimizar los tiempos, costos y cuidando la seguridad de sus trabajadores.

Como población, se consideró a los cuerpos mineralizados tanto en fase de minado como en fase de exploración, y como muestra el cuerpo mineralizado OB2B block 422 (tajos T – 119A, T-179, T-119AS), encontrándose entre los niveles 1880 – 1910. Para el procesamiento de información se utilizaron métodos como es el analítico, sistémico; técnicas de investigación documental y de campo (observación), junto a instrumentos empleados como herramientas Microsoft y guías de análisis de laboratorio.

Finalmente, los resultados constatan que el método Raise Boring permite construir chimeneas sin necesidad de sostenimiento considerando las condiciones y características del macizo rocoso a costo y tiempo ideal, y se concluye, que esta alternativa para la construcción de chimeneas slot, resulta ser una propuesta económicamente rentable a comparación del método VCR, optimizando el proceso de minado en relación con costos y tiempo.

**Palabras claves:** Método, Raise Boring, producción, cuerpo mineralizado.

## **Abstract**

The present research work had a purpose, the application of the raise boring method in order to optimize the mining process in the ORE BODY 2B pits in the U.M. Cerro Lindo. This was due to observations in this company, wanting to optimize times, costs and taking care of the safety of its workers.

As a population, the mineralized bodies were considered both in the mining phase and in the exploration phase, and as shown by the mineralized body OB2B block 422 (pits T - 119A, T-179, T-119AS), being between the levels 1880 - 1910. For the information processing, methods such as analytical, systemic; documentary and field research techniques (observation), together with instruments used as Microsoft tools and laboratory analysis guides.

Finally, the results confirm that the raise boring method allows the construction of chimneys without the need for support, considering the conditions and characteristics of the rocky massif at an ideal cost and time, and it is concluded that this alternative for the construction of slot chimneys turns out to be an economically proposal. cost-effective compared to the VCR method, optimizing the mining process in relation to costs and time.

**Keywords:** Method, Raise Boring, production, mineralized body.